المجال التعلمي رقم (02): التحولات الطاقويــة

الوحدة التعلمية الأولى آليات تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة

النشاط 4 : تفاعلات المرحلة الكيموحيويّــة

1- تثبيت غاز CO_2: لاحظ الوثيقة (1) ص192 و (2) ص193 :

تجربة كالفن : قصد التعرف على مصير غاز CO_2 المستهلك ، أنجزت التجربة الموضحة في التركيب التجريبي (الوثيقة(1)) ، حيث قام كالفن و مساعدوه بوضع معلق أشنة خضراء (الكلوريلا) في وعاء شفاف معرّض للضوء يسمح للأشنة بالقيام بعملية التركيب الضوئي و مزود بـ CO_2 عادي و ذلك تحت شروط ثابتة من الحرارة و الضوء.

باستعمال مضخة يتم ضخ كميات من المعلق عبر أنبوب نحو وعاء ثاني به ميثانول مغلى ، يحقن المعلق بـ $^{14}CO_2$ المشع ، يمكن التحكم في مدة تعريض الأشنة لغاز $^{14}CO_2$ المشع في فترات تمتد من ثانية واحدة إلى عدة دقائق .

باستعمال تقنية تجميع خاصة تجمع بين التسجيلين ذو البعدين و التصوير الإشعاعي الذاتي يتم التعرف على محتوى مستخلص الأشنة الذي يوضح تثبيت $^{14}CO_2$ المشع و دمجه في مركبات عضوية وسطية مختلفة ممثلة في تقنية التسجيل اللوني (الكروماتوغرافي) ذو البعدين الذي نتائجه موضحة في الوثيقة (2) :

تحليل التجربة :

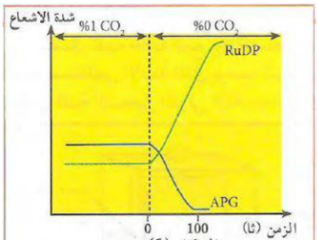
1. يسمح استعمال $^{14}CO_2$ المشع بتتبع نواتج تركيبه و المركبات الناتجة من ذلك.
2. يسمح استعمال الميثانول المغلى بتوقيف التفاعلات و استخلاص المكونات و ذلك بقتل الأشنة بعد فترات زمنية محددة .
3. يسمح استعمال تقنية التسجيل الكروماتوغرافي ذو البعدين بفصل المكونات و التعرف عليها.
4. أول مركب يظهر فيه الإشعاع بعد إدماج الـ CO_2 هو الـ **APG** و هو أول مركب يتم تصنيعه .
5. يدل ظهور الإشعاع في مركبات أخرى إذا طالت التجربة على تحولها مع الزمن إلى مركبات أخرى
6. مقر حدوث تفاعلات المرحلة الكيموحيوية هو: الحـشوة .
7. شروط دمج الـ CO_2 هي حدوث المرحلة الكيموضوئية و توفر الـ CO_2 .

2- آلية دمج الـ CO_2 (إرجاع الـ CO_2): (لاحظ الوثيقة (3) ص194) :

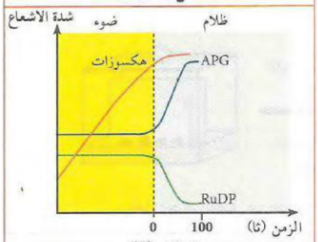
تحليل منحنى الشكل (1) : في وجود تركيز ثابت من CO_2 يكون تركيز كل من الـ APG و RuDP ثابت ، مما يدل على تجديد كل منهما باستمرار (تحول و إنتاج لنفس الكمية).

في غياب الـCO_2 يرتفع تركيز الـ RuDP مما يشير إلى أنه يتركب لكنه لا يستهلك ، بينما لا يتم تثبيت الكربون على APG في غياب CO_2

التفسير : نفسر ثبات الـ APG و RuDP في وجود CO_2 بتركيب و



الشكل (1)



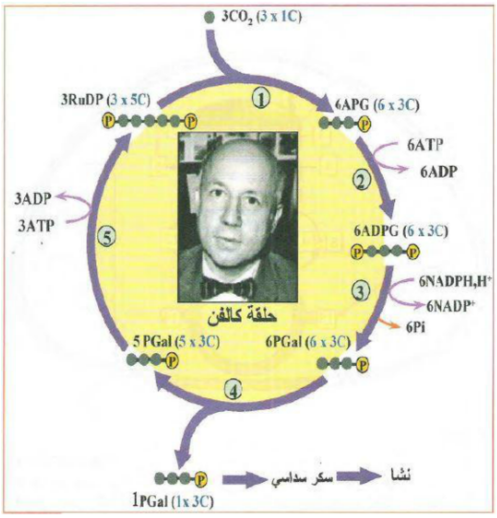
الشكل (2)

تحويل لنفس الكمية أما تزايد الـ RuDP في غياب CO_2 فيفسر بحدوث تركيب دون حدوث تحويل ، أمّا الإنخفاض في الـ APG فيفسر بحدوث تحول و عدم حدوث تركيب.

منحنى الشكل (2): في الضوء تتم عملية التركيب الضوئي و يتم طبيعيا تشكل و تحول كل من الـ APG و RuDP باستمرار مما يؤدي إلى ثبات تركيزهما
في الظلام نلاحظ تناقص كمية RuDP و يفسر ذلك بتحويله دون تجديده (دون إعادة تركيبه) مما يؤدي إلى انخفاض تركيزه ، بينما نلاحظ ارتفاع كمية الـ APG الذي يفسر بتشكله باستمرار دون تحويله مما يؤدي إلى ارتفاع تركيزه .

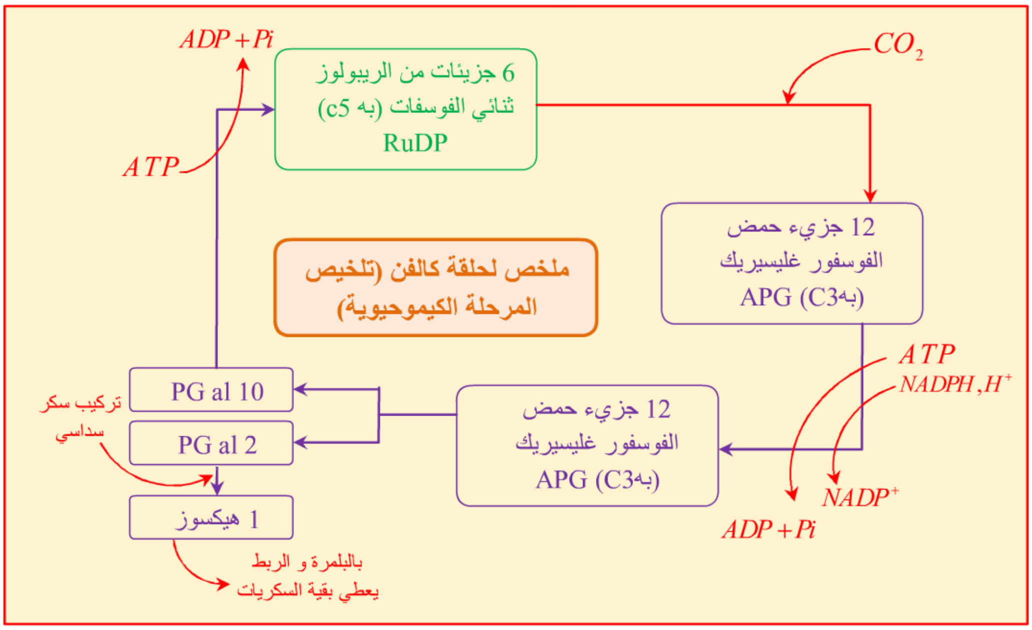
العلاقة بين الـ APG و RuDP : المركبان يتحولان إلى بعضهما ضمن حلقة يتطلب استمرارها الضوء و CO_2 .

شروط تجديد الـ RuDP : توفر CO_2 و توفر الإضاءة.

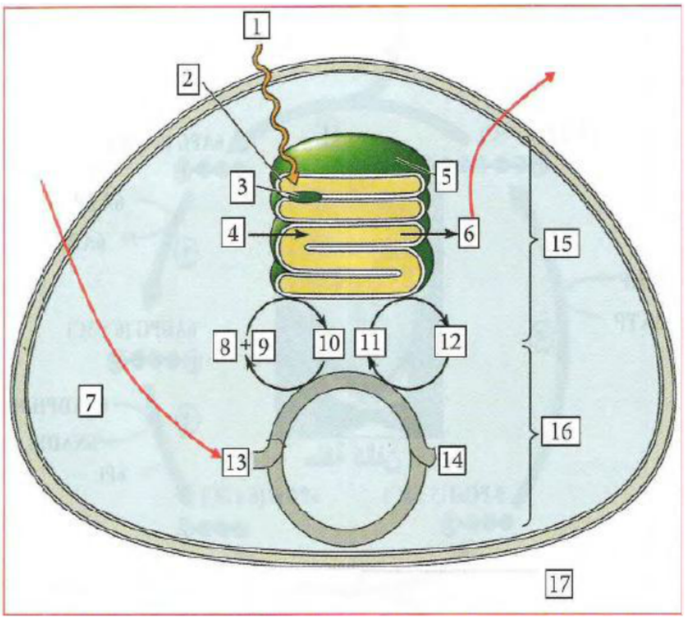


3- مراحل حلقة كالفن : (لاحظ الوثيقة(4) ص195) :
توصلت أعمال العالم كالفن و مساعدوه إلى تحديد تفاعلات تثبيت CO_2 و المركبات الوسطية الناتجة في شكل حلقة تعرف باسم حلقة كالفن نسبة إلى العالم الذي اكتشفها (لاحظ الوثيقة (4) ص195):

1. نوع التفاعلات :
   - في (1) : تفاعل فسفرة
   - في (3): تفاعل إرجاع
   - في (5): تفاعل فسفرة
2. عدد جزيئات الـ ATP اللازمة لتركيب سكر سداسي واحد هي 18 جزيئة .
3. رسم تخطيطي لحلقة كالفن باستعمال 6 جزيئات من CO_2 :



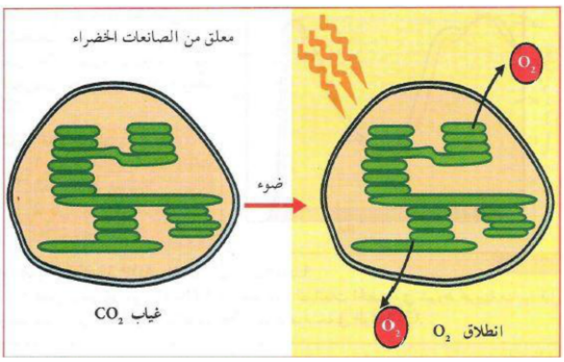
-4 التكامل بين المرحلة الكيموضوئية و المرحلة الكيموحيوية: لاحظ الوثيقة (5) ص196:



1. كتابة البيانات :

1) ⟵فوتون ضوئي
2) ⟵ غشاء التيلاكويد
3) ⟵نظام ضوئي
4) ⟵تجويف التيلاكويد (الكييس أو الماء)
5) ⟵ تيلاكويد
6) ⟵ O_2
7) ⟵ الحشوة
8) ⟵ ADP
9) ⟵ Pi
10)
11) ← ATP
12) ← $NADP^+$
13) ← $NADPH,H^+$
14) ← CO_2
15) ← السكر
16) ← المرحلة الكيموضوئية
17) ← المرحلة الكيموحيوية
18) ← مخطط يوضح التكامل بين المرحلتين

2. نعم عند توفير الـ ATP و $NADPH,H^+$ يتم تثبيت CO_2 في الظلام لأن الهدف من الإضاءة هو توفيرهـــا .
3. نعم لنقص الـCO_2 تأثير على انطلاق O_2 في المرحلة الكيمو ضوئية لأن تثبيت CO_2 يسمح بتجديد مركبات الـ ADP و Pi و $NADP^+$ الضرورية لاستكمال المرحلة الكيمو ضوئية التي تؤدي إلى انطلاق O_2 أي أن لـCO_2 دور غير مباشر في انطلاق O_2 حيث يؤثر بطريقة رجعية
4. في التجربة ص182 لوحظ انطلاق O_2 لفترة قصيرة في غياب CO_2 و قد يعود ذلك إلى توفير كمية الـ ADP و Pi و $NADP^+$ استعملت في المرحلة الكيموضوئية و لكنها لم تجدد بسبب عدم حدوث المرحلة الكيموضوئية نظرًا لغياب الـ CO_2



الخلاصة :

- يثبت CO_2 على جزيئة خماسية الكربون هي الريبولوز ثنائي الفوسفات (RuDP) مشكلا مركب سداسي الكربون الذي ينشطر سريعًا إلى جزيئتين بثلاث ذرات كربون و هو حمض الفوسفو غليسيريك (APG) .
- يراقب دمج CO_2 بإنزيم الريبولوز ثنائي الفوسفات كربوكسيلاز
- ينشط حمض الفوسفو غليسيريك المؤكسد ثم يرجع بواسطة الـ ATP و $NADPH, H^+$ الناتجين عن المرحلة الكيموضوئية .
- يستخدم جزء من السكريات الثنائية المرجعة (PGal) (فوسفوغليسير ألدهيد) في تجديد الـ RuDP أثناء تفاعلات حلقة كالفن و بنسون و مساعدوه .
- يستخدم الجزء الآخر من السكريات المرجعة في تركيب السكريات السداسية الكربون و الأحماض الأمينية و الدسم .
- أثناء التركيب الضوئي يتم على مستوى الصانعات الخضراء الجمع بين :
  - <u>تفاعلات كيموضوئية :</u> يكون مقرها التيلاكويد أين يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية
  - <u>تفاعلات كيموحيوية :</u> يكون مقرها الحشوة أين يتم إرجاع CO_2 إلى كربون عضوي باستعمال الطاقة الكيميائية (الـ ATP و $NADPH, H^+$ الناتجة خلال المرحلة الكيموضوئية